

平成27-31年度 文部科学省 科学研究費助成事業
新学術領域研究

核-マントルの相互作用と共進化 ～統合的地球深部科学の創成～



02-11 各研究班の研究トピック

02-03 マントル物質の高温高圧での変形実験と粒成長実験
～地球深部スラブの流動特性を探る～

04-05 下部マントルの水の許容量
～ブリッジマナイトの最大含水量の圧力・化学組成依存性～

06-07 高精度タンクステン同位体比分析による核-マントル相互作用の検出
～マントル深部起源の岩石に核の痕跡を探る～

08-09 液体鉄-軽元素合金の物性
～シミュレーションで見えた微視的構造と不混和性～

10-14 イベント報告・新人紹介

15 受賞報告

16 受賞報告・国際交流・編集後記



今村 公裕

九州大学
理学研究院

久保 友明

九州大学
理学研究院

マントル物質の高温高圧での変形実験と粒成長実験

地球では表層の硬い海洋プレートが直接地球内部に沈み込んでマントルの対流運動を引き起こしています。そういった、地球内部に沈み込んだプレートの行方やマントル対流運動の様子は、主に地震波トモグラフィーの観測から推定されています。我々は特に、沈み込む海洋プレート（スラブ）が深さ約 660 km の上下マントル境界付近で滞留したり突き抜けたり（図 1）、果ては深さ約 2900 km の核 - マントル境界付近まで沈み込んだりするといった深部スラブの多様な挙動に興味をもち、それに深く関わっている深部スラブの変形強度を明らかにする研究を行ってきました。そのためには、深部スラブを構成する主要な鉱物の流動变形を支配する変形機構を検討し、その流動則を知ることが重要です。流動則とは、流動变形における変形強度と変形速度の関係のことです。これを数式によって統一的に表すことで、様々な条件での物質の変形強度が予測できるようになります。深部マントルに存在する鉱物の流動則を決定するには高圧下で定量的な変形実験を行う必要があり、D-111型ガイドブロック（ニュースレター No. 3、2-3 頁）や回転式ダイヤモンドアンビル装置（ニュースレター No. 2、2-3 頁と No. 4、4-5 頁）といった新しい高圧変形装置が開発されてきました。

ここでは我々が行った 2 つの実験的研究を紹介します。テーマ 1 は、上下マントル境界付近での沈み込むスラブの強度を理解するために行った、遷移層下部の主要構成鉱物であるリングウッダイトの変形実験です。テーマ 2 は、下部マントルに沈み込むスラブの流動特性を理解するために行った、代表的なマントル組成であるパイロライトにおける多相粒成長実験です。

まずテーマ 1 の研究です（図 1 のオレンジの破線で囲った部分）。リングウッダイトの変形に関して、これまでの先行研究において、比較的高温下での結果だけが報告されていました。しかし、もともと地表付近で冷やされたプレートであった沈み込むスラブは周囲のマントルに比べ冷たく硬いものだと考えられます。このスラブの強度を理解するためには、低温かつ高応力での流動則を知る必要があります。そのためには、放射光施設 (SPring-8 およびフォトンファクトリー) において 50-60 keV の高エネルギー単色 X 線と Deformation-DIA 型および D-111 型の高圧変形装置（図 2）を用い、圧力約 9 ~ 18 万気圧 (9 ~ 18 GPa)、温度 200 ~ 1000°C の条件での一定ひずみ速度の変形実験を行いました。

実験結果をもとに構築したリングウッダイトの流動則を用いて、上下マントル境界直上のスラブの強度を推定しました（図 3）。その結果、最も冷たいとされるマリアナスラブ（最低温度が約 600°C）での最大強度が約 600 MPa、それよりも少し暖かいトンガスラブ（最低温度が約 730°C）では約 350 MPa となりました（図 3）。深部スラブの挙動を

再現するための数値計算では、スラブの最大強度を 400 MPa 程度に仮定している研究例がありますが、本実験結果はそれと調和的な結果となっています。今後は本実験で得られた流動則を取り入れた深部スラブ挙動の数値計算を行うことが必要であると考えています。

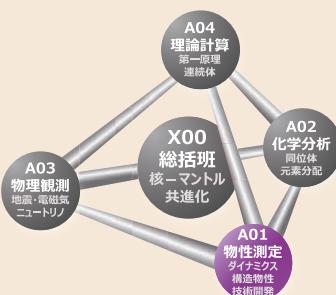


図 1. 層構造を持つ地球深部に沈み込むスラブの概念図。上下マントルの境界付近で多様な挙動をするスラブの強度を理解するために、テーマ 1 ではリングウッダイトの流動則を構築し、テーマ 2 では下部マントル物質の粒径進化を明らかにする実験を行った。



図 2. 放射光施設フォトンファクトリーのビームライン NE7A に設置された D-111 型高圧変形装置の内部。川井型マルチアンビル装置の中心部に試料を配置している。等方的に加圧した後、上下の分割六角柱アンビルを変位させて高圧下での定量的な変形実験を行うことができる。

研究項目トピック



研究項目A01: 物性測定

核とマントルの構造と運動を支配する鉱物学的・物質科学的実験データを、地球深部に相当する高温高圧条件のもとで実験的に収集します

～地球深部スラブの流動特性を探る～

続いてテーマ2の研究です(図1の白い破線で囲った部分)。下部マントルに突入したスラブでは、構成鉱物の分解反応により結晶が細粒化すると考えられています。細粒な物質における変形強度は、結晶粒径に依存して大きく変化します。一般に、結晶粒径が細くなるほど物質は柔らかくなります。したがって、下部マントルの流動を考える上で結晶粒径は非常に重要なパラメータです。その粒径をコントロールしているプロセスの1つに結晶粒成長(粒子の粗大化)があります。本研究ではその速度に着目し下部マントル物質の粒成長実験を行いました。下部マントル上部には主相としてブリッジマナイトが70%程度、副相としてフェロペリクリクレースとCa-ペロブスカイト、メーヤライトガーネットが合計30%程度存在しており、より深い領域ではメーヤライトガーネットを除く3相が存在しています。このような多相系における粒成長速度を明らかにすることが重要です。本研究では代表的なマントル組成であるパイロライトにおける下部マントル多相系の粒成長実験を行い、下部マントルスラブの粒径進化と変形強度を予測しました。

粒成長実験は、川井型高圧発生装置を用いて下部マントル上部の圧力、温度に相当する25～27 GPa、1600～1950°Cの条件で6～3000分保持していました。図4に粒成長組織の電子顕微鏡写真(BSE像)の一例を示します。実験の結果、試料を構成する各鉱物相の結晶粒径が保持時間とともに大きくなり、温度が高いほどその成長速度が速いことが確認されました。また、本実験のような多相の粒成長の場合、主相(本実験ではブリッジマナイト)中に分散している副相粒子(本実験ではブ

リッジマナイト以外の相)が主相の粒成長を妨げる効果(ゼナーのピン止め効果)があり、主相の粒径は分散した副相粒子の粒成長(オストワルド成長)によってコントロールされることが知られています。本実験でも、これらの関係から多相系における粒成長のプロセスを考慮して多相の粒成長速度を検討しました。このような詳細な検討により、地質学的時間スケールに比べて著しく短時間の実験の結果から、下部マントルの粒径進化を推定することができます。

計算の結果、上下マントル境界を通過し下部マントルに入りながら1億年経過した冷たいスラブ中のブリッジマナイトの粒径は20～500μmと、比較的細粒になると見積られます。従来は下部マントルに沈み込むスラブは周囲のマントルに比べて温度が低いことから、マントルよりも硬いと考えられていました。この考え方では、スラブの構成物質が細粒であることの影響は十分に考慮されていませんでした。しかし、本研究に基づけばこのようなスラブ中では温度が低いために粒成長があまり進行しないことから、1000～1500km付近までの深さでは周囲のマントルよ

りも柔らかい可能性あります。

近年の高圧変形装置の開発により、今後は下部マントル条件での直接的な変形実験が行われ、様々な変形機構の流動則が決定されていくと期待されますが、固体マントルの流動を理解するには、本研究で得られたような多相の結晶粒径進化を検討することが非常に重要です。

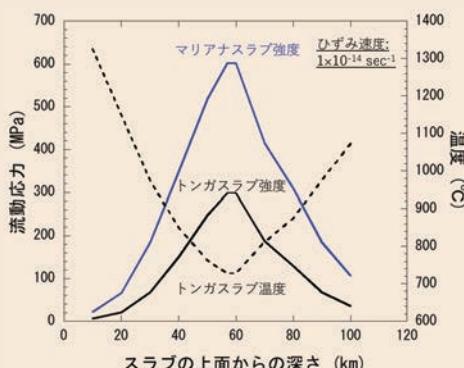


図3. マントル遷移層下部におけるトンガスラブ断面(図1のオレンジ色の点線に相当)の温度構造(黒点線)と強度プロファイル(黒実線)。強度プロファイルはリングウッドайの流動則をもとに推定した。より冷たいと予想されるマリアナスラブの強度プロファイル(青線)も合わせて示す(トンガスラブよりも130°C低いと仮定)。

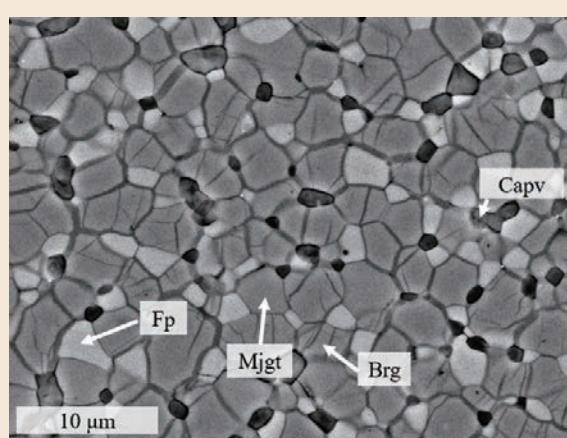
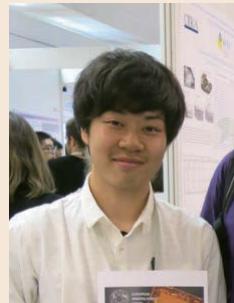


図4. 25 GPa、1800°Cで3000分間保持して回収したパイロライト物質の粒成長組織(FE-SEMによる組織像、Brg:ブリッジマナイト、Fp:フェロペリクリクレース、Mjgt:メーヤライトガーネット、Capv:カペロブスカイト)。副相粒子が主相粒子の粒界に分散して存在していることがわかる。



柿澤 翔

東京大学
地殻化学実験施設

下部マントルの水の許容量

みなさんが存知の通り、地球は「水の惑星」と呼ばれるほど水が豊富に存在しており、私たちの住む地球の大きな特徴のひとつです。地球表層の約7割が海水に覆われており、その水は水蒸気となり大気を循環し、雨となって降り注ぎ地球上の生命活動を支えています。一方で、地球内部には海水の総量の何倍もの水が存在している可能性が指摘されてきています。水はマグマの発生やマントル対流などの地球のダイナミクスに大きな影響を及ぼしていると考えられていますが、地球内部の水の総量や分布などは未だ明らかになっています。

地球内部は、地震学的・鉱物学的研究によって層構造をしていることが知られており、浅部から地殻・マントル・核に分かれています。マントルはさらに、上部マントル・マントル遷移層・下部マントルに分けられます。上部マントルの主要鉱物であるかんらん石 $[(Mg,Fe)_2SiO_4]$ は、地球深部に行くに従い化学組成は同じで結晶構造の異なる多形（石墨とダイヤモンドと同じ関係）であるウォズレイト・リングウッダイトに相転移します。ウォズレイト

やリングウッダイトは約3重量%もの水を含むことが可能であり、その総量は海水の約5倍になります。近年、地球深部由来の天然のダイヤモンド中に、約1.5重量%の水を含むリングウッダイトが包有物として発見されました。この発見により、少なくともマントル遷移層の一部は含水化していることが明らかになりました。

一方で、マントル遷移層より深部の下部マントルでは、リングウッダイトが分解相転移を起こし、ブリッジマナイト $[(Mg,Fe)SiO_3]$ とフェロペリクレス $[(Mg,Fe)O]$ になることが知られています。このブリッジマナイトは下部マントルの約7割を占める主要構成鉱物です。下部マントルは地球全体の約半分の広大な領域を占めていますので、地球で一番多い鉱物といえます。ブリッジマナイトが水を含むか否かについては、さまざまな研究が活発になされ議論が続いています。 $MgSiO_3$ 組成のブリッジマナイトには、ほとんど水は入らないという説が通説でしたが、近年、

私たちの研究グループは、アルミニウムと共に約0.8重量%の水がブリッジマナイトに含まれることを発見しました（図1）。0.8重量%ではウォズレイトやリングウッダイトと比べると少ないと思われるかもしれません、ブリッジマナイトは地球で一番多い鉱物だということを思い出してください。すべてのブリッジマナイトに0.8重量%の水が入った場合、その総量は海水の約14倍になります。私たちはさらにこのアルミニウムに富む含水ブリッジマナイトに対して茨城県東海村にあるパルス中性子施設（J-PARC MLF）において中性子回折粉末結晶構造解析を行いました。中性子線は水素を観察することができるので、中性子線を使用することで結晶中の水素の位置を決定することができます。中性子回折によって決定した結晶構造を図2に示します。中性子回折によってブリッジマナイトの結晶構造中の水素の位置の観察に成功し、水素位置は3ヶ所あることが明らかになりました。

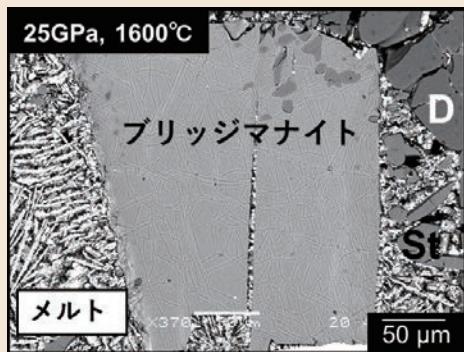


図1. 25 GPa, 1600°Cで合成された約0.8重量%の水を含んだアルミニウムに富む含水ブリッジマナイトの反射電子像図。

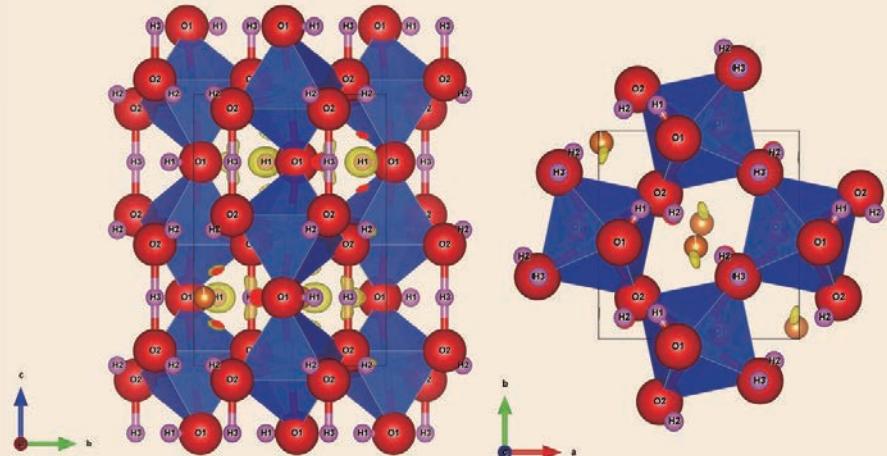
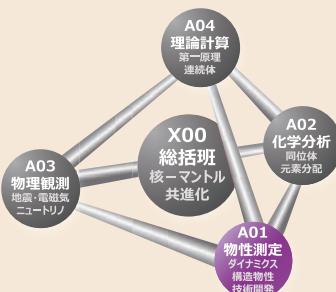


図2. 中性子回折で決定されたアルミニウムに富む含水ブリッジマナイトの結晶構造。中性子回折によればブリッジマナイト中には3つの異なる水素位置があることが明らかになった。オレンジ、赤、ピンクの球はそれぞれマグネシウム原子、酸素原子、水素原子を示している。また、青の八面体は、 SiO_4 八面体を示している。

研究項目トピック



研究項目A01:物性測定

核とマントルの構造と運動を支配する鉱物学的・物質科学的実験データを、地球深部に相当する高温高圧条件のもとで実験的に収集します

～ブリッジマナイトの最大含水量の圧力・化学組成依存性～

さて、みなさんは鉱物の含水量を調べる方法はご存知でしょうか。世界中の研究者がいろいろな方法で調べていますが、私たちの研究グループでは二次イオン質量分析法 (Secondary Ion Mass Spectrometry: SIMS) と呼ばれる手法を用いています。SIMS は、試料表面に酸素イオンなどの一次イオンを照射し、発生する二次イオン (私たちの場合、水素イオンやケイ素イオン) の質量を測ります。水素を測定する場合には、私たちの周りにはたくさんの水素が存在しているため、それらの影響をなくすために比較的大きな結晶 ($50 \mu\text{m}$ 以上) を合成して測定します。私たちが高温高圧下で合成した鉱物中の含水量はこのような方法によって決定しています。

また、アルミニウムに富む含水ブリッジマナイトは、ある温度圧力条件 (25 GPa, 1600°C) で合成されました。圧力が高くなる (地球深部へ行く) と、または鉄が入ると含水量は変わるのはわかっていました。そこで私たちは、さまざまな圧力条件と化学組成の条件でブリッジマナイトの合成を行い、ブリッジマナイトの最大含水量の圧力・化学組成依存性の決定を試みました。合成に使用した装置は愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センターに設置されているマルチアンビル型高圧発生装置 (ニュースレター No.6 を参照) です。ニュースレターで度々登場しているダイヤモンドアンビルセルと比べると発生可能な圧力は低いですが、安定的な温度発生と大きな結晶を合成できるのが特徴です。合成したブリッジマナイトの化学組成を決定し、含水量の圧力依存性と化学組成依存性を決定しました。その結果、ブリッジマナイトの含水量は圧力の増加と共に増加することが明らかになりました。これは

地球深部に行くにしたがって、ブリッジマナイトの水の許容量が増加することを意味します。また、アルミニウムの量が増加することによっても含水量は増加します。一方で、鉄の量が増加するにしたがって含水量は減少する結果となりました。これらをまとめますと、ブリッジマナイトの含水量は地球深部に行くに従い増加する一方で、その量はアルミニウムや鉄などの化学組成に依存することが明らかになりました。このことは下部マントルに沈み込む岩体によって含水量が異なることを意味しており、下部マントルの水の不均一性を引き起こす一つの原因だと考えられます (図3)。例えば、下部マントルのモデル物質であるパイロライトや沈み込むスラブ中の中央海嶺玄武岩 (MORB) 中でのブリッジマナイトの最大含水量はそれぞれ 0.1, 0.2 重量 % であると考えられます。一方で、冥王代の地

殻物質であったと考えられている斜長岩 (An) や KREEP 玄武岩と呼ばれる物質が沈み込みこんだ場合、ブリッジマナイトの最大含水量は 0.4-0.6 重量 % であることが予測されます。

このように地球深部の鉱物の化学組成から地球深部にどのくらいの水が存在可能であるのかや、含水量の不均一があることを予測することができました。次のステップとしては実際に地球深部のどこにどのくらいの水が存在しているかを決定することです。そのためには、実際の観測と水を含む鉱物の物性を比較する必要があります。今後私たちは、本新学術領域を通して水に富んだ鉱物の物性を測定し、下部マントルの水の存在量や循環を研究していくたいと思っています。

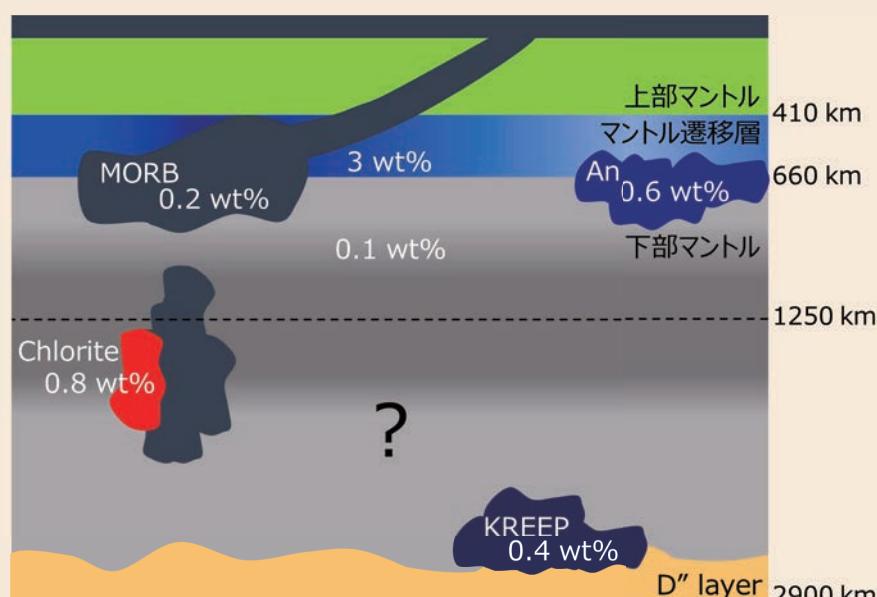


図3. 地球内部におけるそれぞれの領域での最大含水量と水の分布の模式図。下部マントルの含水量は沈み込む岩体によって異なることから、水の不均一性が生じることが予測される。白字はそれぞれの岩体での含水量を示している。



鈴木 勝彦

海洋研究開発機構
海底資源センター

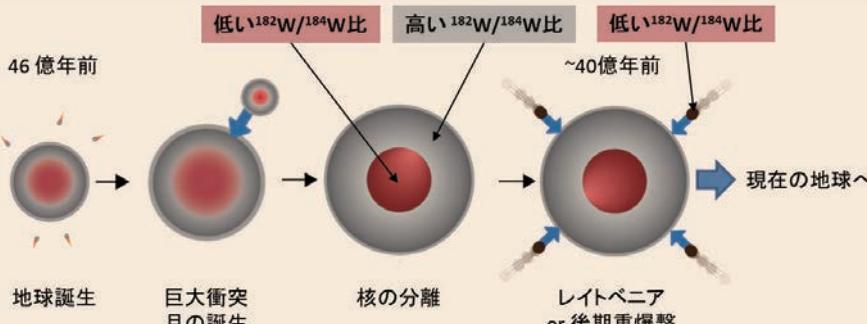
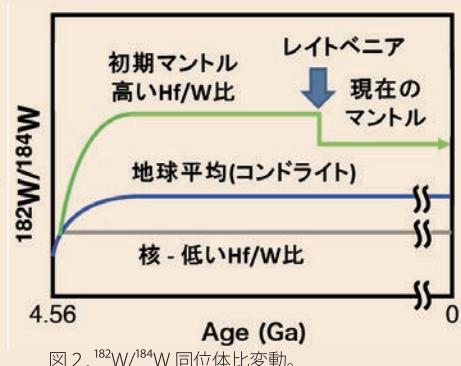
高精度タングステン同位体比分析による核—マントル相互作用の検出

地球が生まれて間もない頃、地球は高温で融けた状態、いわゆるマグマオーシャンだったと考えられています。融けた地球の中で重い金属が重力によって地球の中心に沈み、集まって核ができました。核とマントルは、地球を構成する物質のほとんどを占め、地球の化学的進化を主導してきました。図1に、私たちの作業仮説になっている地球の初期の進化モデルを示します。この図は「核—マントル相互作用」のホームページにものせています。地球誕生後、巨大衝突が起きて月が形成されます。その際、核の分離が起きます。その後、後期重爆撃によって、レイトベニアと呼ばれる隕石質物質が地表に降り注ぎます。これがマントルに徐々に浸透していくことによって、マントルの化学組成や同位体組成が影響を受けます。これらの化学組成の変化はマントルに記録されていると考えられます。ただし、地球の深いところは直接見えません。また、地球の創生期の様子もわからないことばかりです。マグマオーシャンから分離した金属の核はどんな化学組成をしているのでしょうか？金属の核は接しているマントルとその後40億年以上の間何か反応があったのでしょうか。あったとして、地表にいる私たちは核の物質を手に入れることができるのでしょうか？核が形成されたのは正確にはいつなのでしょうか？

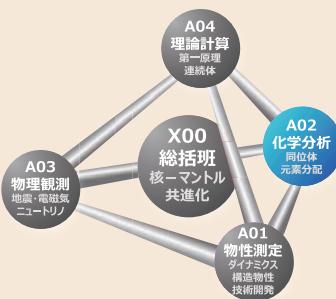
これらの疑問を解き明かすために、私たちはマントルが融けてできる岩石である玄武岩や地球の初期にやはりマントルが高温で融けてできたコマチアイトを対象として、その岩石に含まれる微量元素の同位体比を手がかりにしようとしています。特にハワイのようなホットスポットでできた玄武岩は、マントルの深く、核—マントルの境界付近から上昇してきたものが融けてできたと考えられていて、その岩石には核の物質が痕跡として含まれているかもしれません。核を直接見ることができないため、これらマントル深くからやってきた岩石は、核のことを知るための数少ない手がかりなのです。

私たちは特に質量数182のタングステン同位体(^{182}W)に着目して、岩石中のタングステン同位体組成を分析しています。なぜタングステンかを説明します。核は鉄、ニッケルなどの金属でできています。核の分離に伴って、白金族元素、タングステンなど鉄と親和性の高い元素（これを親鉄元素と呼びます）は核に取り去られます。一方、アルカリ金属、希土類元素などケイ酸塩岩石に入りやすい元素（これを親石元素と呼びます）は、マントルに残ります。マグマオーシャンから核が分離した時、親鉄元素と親石元素との間に大きな元素分別が起きたと考えられます。これが、タングステンの同位体を

考える際のキーポイントです。質量数182のハフニウム(^{182}Hf)は半減期890万年で ^{182}W に β 壊れます。半減期が短いために、地球形成時に存在した ^{182}Hf は現在の地球には存在しない「消滅核種」です。ここで、タングステンはやや親鉄性であるために核に入りやすい一方、ハフニウム(Hf)は強い親石性を持つ元素であるために、マントルに入りやすいという性質を持ちます。そのため、図2に示すように、核のHf/W比は低く、逆にマントルのHf/Wは高くなります。地球形成から間もない5000万年くらいまで、すなわち ^{182}Hf がすべて壊してなくなってしまう前に核が分離すれば、核では親である ^{182}Hf が欠乏しているために壊してくる ^{182}W は低く、一方、 ^{182}Hf の多いマントルではその壊によって ^{182}W が高くなります。 $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 同位体比を使ってもう少し正確に言うと、地球全体の $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 同位体比に比べて、核は低い $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 同位体比、核が分離した直後のマントルは高い $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 同位体比を持つことになります。その後、後期重爆撃によって、 $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 同位体比の低いレイトベニアが地球の表面に降り注いだ結果、現在のマントル $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 同位体比は、核が分離した直後のマントルの値より低くなりましたが、それでも核の値よりは高いと考えられています。

図1. 地球の初期進化と $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 同位体変動。図2. $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 同位体比変動。

研究項目トピック



研究項目A02: 化学分析

マントル由来物質や高圧合成試料の微小領域分析により、核-マントル間の元素分配や同位体分別を制約します

～マントル深部起源の岩石に核の痕跡を探る～

すなわち、現在のマントルより低い $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 同位体比を持つ玄武岩は、核-マントル相互作用によって核からやってきた物質が、マントル上昇流によってマントルの浅いところまで運ばれてきた可能性を持つことになります。一方、現在のマントルの値より高い $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 同位体比を持つ岩石は、レイテベニアの影響を受ける前の地球の初期の物質を含む可能性を持つことになります。これらの予測をサポートする事実として、地球の核と同じようにしてできたと考えらえている隕鉄には、現在の地球マントルの値に比べて低い $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 同位体比が報告されています。一方、月の石にはマントルの値より高い $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 同位体比を持つことが知られています。

では、地球の岩石で $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 同位体比の変動が見えている例はあるのでしょうか？地球の石の $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 同位体比の変動は非常に小さく、100万分の5くらいの差を判別できる非常に高い分析精度がないと、その変動は検出することが出来ません。実際のところ、2010年頃まではタンゲステン同位体比の分析精度は100万分の20から30の差を検出するに至らず、地球のマントルの $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 同位体比は均質であると結論づけられていました。その後タンゲステンの分離技術に様々な工夫が加えられ、同時に質量分析計の技術的な進歩や安定性の向上によって100万分の5の精度でタンゲステンの同位体比が得られるようになりました。その結果、ハワイのロイヒ火山および南太平洋のサモアの玄武岩が、現在のマントルより低い $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 同位体比を持つ岩石であることがわかりました。これらの火山はホットスポットで、地震波の観測によってその下には核-マントル境界付近からマントル物質が上昇していると言われています。つまり、

ロイヒ火山とサモアの玄武岩には核の物質が入っている可能性が出てきたわけです。一方、地球の初期、38億年前から25億年前にマントルが融解して形成されたコマチアイトと呼ばれる岩石には、現在のマントルの $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 同位体比より高い値が報告されています。これは、レイテベニアに影響を受ける前の初期マントル物質が当時まだ広く残っていた、すなわち、マントルが対流によって均質になる前の始原的な物質の痕跡だと言つていいでしょう。

タンゲステン同位体の高精度分析には表面電離型質量分析計、あるいは、多検出器型ICP質量分析計が用いられます。私たちの研究では、クリーンルームでタンゲステンの外部からの汚染を避けつつ、酸分解した試料溶液から溶媒抽出やイオン交換カラムによって、不要な元素、特に質量分析の際にタンゲステンの同位体に重なる同位体（同重体と言います）になりうる元素、特にハフニウムやタンタルや有機物を取り除きます。こうして得られたタンゲステン溶液を多検出器型ICP質量分析計（Thermo Fisher Scientific社 製 NEPUTUNE）を用いて同位体分析を行います（図3）。私たちの分析によても、上述のハワイ・ロイヒの火山岩では現在のマントルの同位体比より低い $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 同位体比が観測されました。最近では東アフリカのマントル上昇流を起源とする岩石にも現在のマントルの同位体比とは異なるタンゲステン同位体比が見つつあります。

本新学術領域では、これまでに無かつた広い分野での議論や共同研究が進んでいます。分野の融合で新たな研究成果も得られつつあります。もともとサモア直下の核とマントルが接するマントル最下部には地震波の速度が非常に遅い場所（超低速度域 Ultra-Low Velocity Zone: ULVZ）が存在することが

知られていました。そして新たに、ニュースレターNo.7で、サモア直下の下部マントル上部（深さ900-1200km）にマントル上昇流に巻き込まれた物質の痕跡と思われる地震波の信号が検出されたと言う報告がなされています。サモアの岩石には、上で述べたように、現在のマントルより低いタンゲステン同位体比の異常が見つかっており、このULVZがまさに核-マントル相互作用の現場かもしれません。高圧実験グループが行っている親鉄元素のマントル最下部での拡散速度も重要で、今後さらに分野をまたがった成果が次々に出て、核-マントル相互作用が明確に見える日も近いと考えています。



イオン交換樹脂によるW分離



多検出器型ICP質量分析計

図3. タンゲステン(W)分析の様子。



大村 訓史

広島工業大学
工学部
物性物理学研究センター

液体鉄 - 軽元素合金の物性

地球は地殻、マントル、外核、内核という異なる層が積み重なって構成されています。我々が着目しているのは液体金属からなる外核の性質です。地球外核は液体鉄を主成分とし、それに軽元素（と少量のニッケル）が含まれた液体合金であると考えられています。どのような軽元素がどれくらいの量含まれているのかははっきりと分かっていませんが、軽元素の存在が外核の性質に大きな影響を与えていることは間違いないかもしれません。そこで、我々は第一原理分子動力学法というコンピューターシミュレーションを駆使して、外核を構成する可能性のある液体鉄-軽元素合金（候補となる軽元素は水素、炭素、酸素、ケイ素、硫黄の5種類）の性質を系統的に調べています。我々が用いる第一原理分子動力学法は、原子配置の時間発展とそれに伴う電子状態の変化を直接追う事ができる（図1）ため、液体鉄-軽元素合金の構造を原子スケールの微視的な視点から調べることが可能です。液体の構造というと少し

不思議に感じるかもしれません。液体中の原子は結晶とは異なりランダムに配置しており、液体には構造という概念が存在しないというイメージがあると思います。しかし、実は液体にも近距離の原子配列に関しては明確な構造が存在します。これを局所構造と呼び、この局所構造は液体金属の性質を決める重要なファクターです。我々の第一原理分子動力学シミュレーションによって液体鉄-軽元素合金の局所構造が明らかとなり、外核環境下における液体鉄合金中の軽元素の特徴が分かつてきました。本記事では、我々のシミュレーションによって明らかとなった液体鉄-軽元素合金の構造的な性質を紹介したいと思います。

まず明らかとなったのは軽元素の存在するサイトです。軽元素の中でも比較的軽い水素、炭素、酸素は、液体鉄の中に入った時、鉄原子と鉄原子の間（“侵入型”のサイト）に入っていきます。一方、比較的重い軽元素であるケイ素や硫黄は鉄原子をはじき出し、鉄原子

と同じ場所（“置換型”のサイト）に入ります。地球外核環境のような高温高圧下であれば、軽元素の個性など無くなっているだろうと予想されましたが、驚くことに、高温高圧下の液体金属においても、“侵入型”、“置換型”的サイトが存在しており、対象としている軽元素を“侵入型の軽元素”と“置換型の軽元素”に分類できるという結果が得られました。また、シミュレーションによって、この軽元素の入り方の違いが液体鉄合金の電気伝導度に違いをもたらすことが明らかになりました。液体鉄に軽元素が入ることによって純鉄の場合と比べて電気伝導度は下がります。その下がり方が軽元素のタイプによって異なるのです。ケイ素や硫黄などの置換型の軽元素は、水素、炭素、酸素などの侵入型の軽元素に比べ、電気伝導度を大きく下げます。この電気伝導度は熱伝導度と強い相関があります。一般的に電気伝導度が大きくなれば、熱伝導度も大きくなります。熱伝導度は地球中心核の冷却速度に大きく関わっており、地球外核の熱伝導度が大きいということは核の冷却スピードが速いことを意味します。もし、地球外核が水素や酸素などの侵入型の軽元素で形成されていた場合（もちろんその量にもよりますが）、ケイ素や硫黄で構成された場合と比較して、熱伝導の減少率が小さく、比較的核の冷却速度が速いことになります。

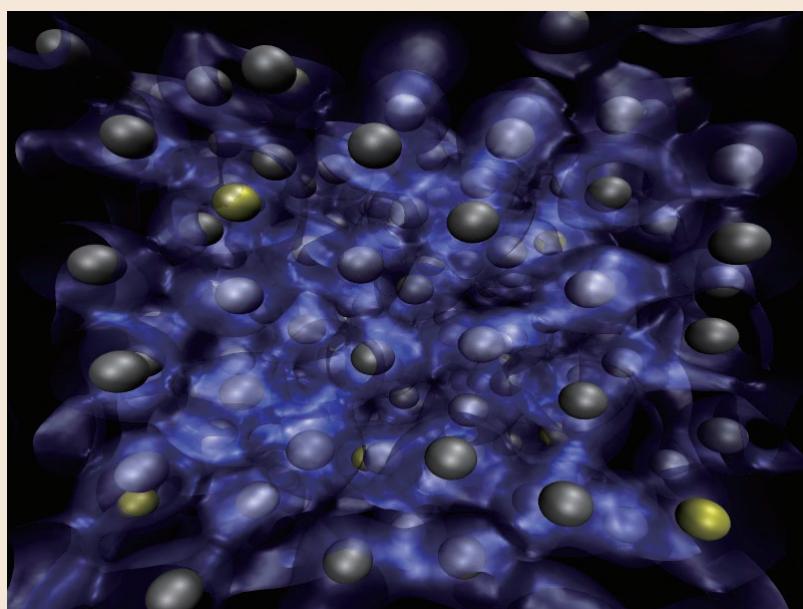


図1. シミュレーションボックス内の液体Fe-Si合金の原子配置と電子の空間分布。銀色の球と黄色の球はそれぞれ鉄、ケイ素原子を表す。青色の雲のようなものが電子の空間分布を示しており、電子が系全体に拡がっていることがわかる（金属の特徴）。

研究項目トピック



研究項目A04:理論計算

第一原理計算や連続体シミュレーションにより解釈・モデル化し、実験や観測をサポートします

～シミュレーションで見えた微視的構造と不混和性～

さて、これまで外核に含まれる軽元素が1種類である場合の話をしました。しかし、近年の計算機性能の向上やシミュレーション技術の進展によって、より多くの原子数、より複雑な液体をシミュレーションで扱うことが可能となり、2種類の軽元素が含まれる液体鉄-軽元素3元系合金の物性を定量的に調べることができます。そこで、我々はケイ素と酸素の2種類の軽元素が液体鉄に同時に含まれる系（鉄-ケイ素-酸素の3元系液体金属）の高温高圧環境下（圧力136万気圧(GPa)、温度5000K）におけるシミュレーションを行いました。シミュレーションによって明らかとなつたのは、液体鉄中にケイ素と酸素が同時に入った場合、ケイ素は液体鉄中に偏りなく存在するが、酸素は偏つて存在するという不混和現象を起こすということです。図2はシミュレーションから得られた液体鉄-ケイ素-酸素混合系の原子配置を示しています。図2

(a)の黄色で示された領域はケイ素が存在している領域を示しています。この図からケイ素が系全体に存在していることが分かります。また、酸素の存在する領域は図2(b)の赤で示された領域です。この図から酸素の存在する領域は、非常に狭いことが分かります。また、別の見方をすれば、図2(b)の赤の領域内には鉄、ケイ素、酸素が存在しており、その外の領域は鉄とケイ素だけが存在することを意味しています。つまり、このシミュレーション結果は、液体鉄-ケイ素-酸素混合系においては、鉄-ケイ素(Fe-Si)相と鉄-ケイ素-酸素(Fe-Si-O)相に相分離することを示しています。これを外核のモデルに適用すると、地球外核は組成的に均一ではなく、深さによってその状態が異なるという以前から提唱されていたことを直接サポートする結果を与えます。もし、地球外核にケイ素と酸素が含まれていた場合、相分離を起こし、地球外核内でFe-Si相とFe-Si-O相に相分離し

ます。Fe-Si-O相はFe-Si相に比べて軽いですので、外核の上部に向かいます。つまり、この結果は、同じ外核でも深いところは主に不混和の状態(Fe-Si相とFe-Si-O相が相分離した状態)、浅いところは鉄とケイ素と酸素がよく混ざった状態(Fe-Si-O相のみ)で構成されているという1つの可能性を示しています。

以上述べてきたように、我々は第一原理分子動力学法に基づくコンピューターシミュレーションを用いて、原子スケールの微視的な視点から地球中心核の正体を明らかにしようとしています。今後、シミュレーション手法・解析手法を進展させ、液体鉄-軽元素合金についての新たな知見を得ていく予定です。また、近年の高圧実験技術、観測技術の進展も目覚ましく、これらの分野と協力することで地球中心核の真の姿に迫っていきたいと思っています。

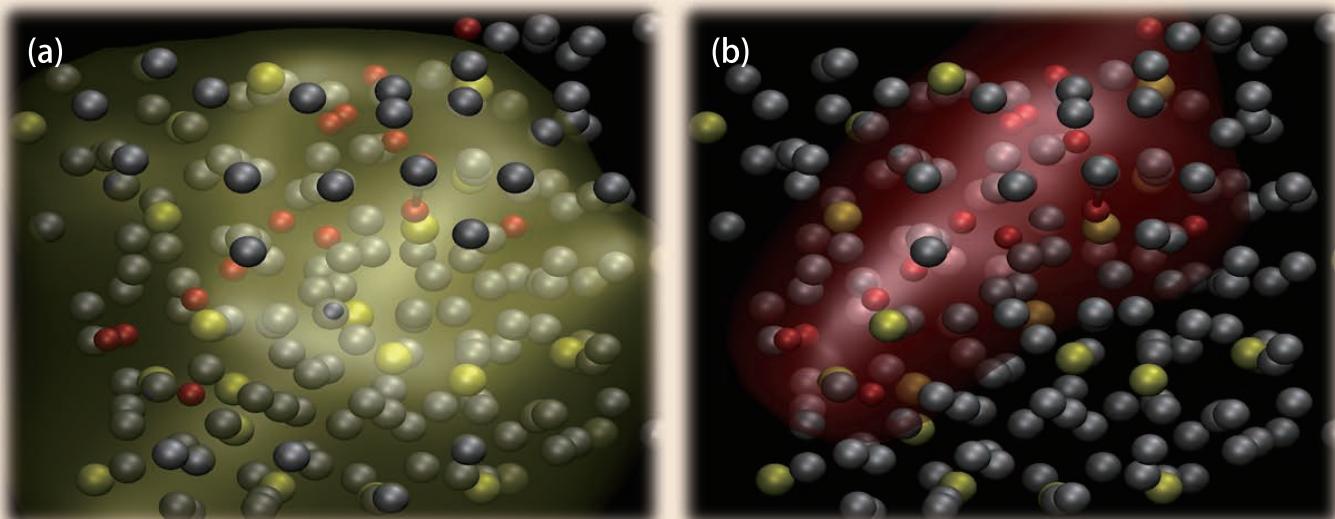


図2. 液体Fe-Si-Oの原子配置。銀色の球、黄色の球、赤色の球はそれぞれ、鉄、ケイ素、酸素原子を表す。黄色で示された領域は、ケイ素の存在している領域を示している。(b) 液体Fe-Si-Oの原子配置。銀色の球、黄色の球、赤色の球はそれぞれ、鉄、ケイ素、酸素原子を表す。赤色で示された領域は、酸素の存在している領域を示している。

第2回国際スクール

核一マントルの相互作用と共に進化第2回国際スクール (<https://core-mantle.jp/archives/61391>) が、「地球内部のエネルギー循環、熱史、化学不均質の形成進化」というテーマのもと、2019年3月7日～10日に開催されました。第二回目となる今回のスクールは、地球ニュートリノの観測も行われている神岡地下実験施設にほど近い、岐阜県飛騨市の「ホテル季古里」にて開催されました。講師として、William F McDonough 氏 (Univ Maryland)、Andrew Campbell 氏 (Univ Chicago)、Barbara Romanowicz 氏 (IUC Berkeley)、Stephane Labrosse 氏 (ENS Lyon) の4名の地球科学者に加えて、地球ニュートリノに関する特別講師として Mark Chen 氏 (Queen's Univ)をお迎えし、領域内外から、学生20名、海外の大学からの参加者10名を含む、総勢40名の参加がありました。世界をリードする研究者達によって、地球の熱進化・化学進化という軸のもとで4日間にわたり、地球化学、地震学、超高压実験、ダイナミクスモデリング、そして地球ニュートリノという多様な分野に渡る講義が行われました。合間には温泉や雪景色も楽しみながら、静かな和風旅館という落ち着いた環境で、基礎の理論から地球の巨視的な描像までの濃密な議論が繰り広げられました。

国際スクール初日は、McDonough 氏による、地球の化学組成構造に関する講義でスタートしました。地球の形成過程や化学組成モデルを改めて考える契機となる、刺激的な講義となりました。その後、青山慎之介特任助教(新潟大学)による、日本列島の発達史や、飛騨の地質に関する特別レクチャー、続いてポスター発表参加者による1分間プレゼンテーションが行われました。夕食後のアイスブレーカーでは、様々な背景を持つ参加者達が徐々に打ち解け、初日からあちこちで活発な議論が繰り広げられる姿が見られました。

スクール2日目は、前日に引き続いMcDonough 氏による講義が行われました。次に、午後に控えた神岡地下実験施設の見学に先立ち、Chen 氏による地球ニュートリノに関する特別講義が行われ、原理、観測方法や、得られる地球内部情報についての理解を深めました。昼食後、バスに分乗して移動し、神岡地下実験施設の見学に向かいました。

神岡地下実験施設の入り口では各自ヘルメットを着用し、暗く長いトンネルを抜けるといよいよ実験施設に到着しました。到着後二つの班に別れ、液体シンチレーターを用いてニュートリノを検出している KamLAND、5万トンの超純水でニュートリノを検出している Super-Kamiokande、さらに重力波の検出を試みている KAGRA を見学し、それぞれの実験施設において研究者の方々に解説をして頂きました。参加者からは、「地球科学の分野ではなかなか見ることのできないスケールの大きな実験施設に圧倒された」、「物理学の根本的な問題に、多くの研究者が協力して挑む姿に感銘を受けた」といった声が聞かれました。神岡地下実験施設のツアー終了後バスで宿に戻り、飛騨牛や山菜などの夕食を楽しんだ後は、前日に引き続きポスターセッションが開催されました。

3日目は朝8時半から午後1時頃まで Campbell 氏による講義が行われました。この講義では、地球形成時における金属鉄とケイ酸塩の間の元素分配がどのような条件下で進んだのかを、高温高圧実験の結果から制約することについて学びました。前日の McDonough 氏の講義で紹介された地球マントルの化学組成が、どのようにして説明されるのか、さらに高温高圧実験の結果の熱力学的な背景についても分かりやすく説明して頂きました。昼食休憩時に参加者の集合写真を撮った後、午後2時頃から6時過ぎまで Romanowicz 氏の地球マントルトモグラフィーについての講義が行われました。この講義では、地震波トモグラフィーの基本的な原理や波形インバージョン手法についての解説があった後に、これらの手

法を応用することによって得られたマントルの内部構造についての最新の知見が紹介されました。マントルブルームの構造やマントル最下部における超低速度層の分布については、受講生だけでなく講師陣も興味が大きく、活発な議論が展開されました。この日は朝から晩まで講義づくりで、ハードな1日でしたが、美味しい夕食でリフレッシュした後に、前日に引き続きポスターセッションが開催されました。

最終日の4日目の朝食時に、ベストポスター発表賞を受賞した Liang Yuan さん (東北大学)、Ingrida Semenec さん (Queen's University) の授賞式、全参加者への参加証明書の授与、講師陣へのお礼の品の贈呈を行いました。その後朝8時半から午後1時まで Labrosse 氏に地球の熱史についての講義をして頂きました。地球の熱史を議論する上で基本となる、地球内部の熱源や熱流量、マントル対流の物理と熱輸送についての解説の後に、マントルボテンシャル温度の地球史を通じた低下はどういうに説明しうるか、さらにマントル最下部にマグマオーシャンが長期間にわたって存在していた可能性についての議論が展開されました。たくさん質問がでたこともあって、終了したのはバスの出発時間の直前となり、お昼ご飯は各自バスの中で食べることになりました。クロージングの時間が取れなかつたため、帰りのバスの中で急遽、講師陣にスピーチをお願いし、4日間にわたる国際スクールのまとめとしました。講師陣からは、この国際スクールで産まれた議論や学際的なコラボレーションを将来に渡って発展させて欲しいとのコメントがありました。



イベント

エキサイティングな講義と活発な議論のもとで、大きなトラブルもなく無事に第2回目の国際スクールを終えることが出来ました。国際スクール LOCとして、参加を快諾してくださった講師の方々、参加者の方々、様々な面から支援していただいた飛騨市の方々、貸切状態で快適に会議を開くためにご協力いただいた「ホテル季古里」の皆様に深く感謝いたします。(上木賢太、飯塚毅)

<参加者の声>

3泊4日の合宿形式で行われたスクールでは、自分が今まで深く学んでいなかった様々な分野の講義を聞くことができて、大変有意義な時間を過ごすことができました。講師の方々が、大変分かりやすい説明をしていただいたおかげで、英語が苦手である私も、理解することができた点が多かったと思います。分からなかった点については自分で調べてみようというモチベーションにつながりました。また、神岡地下実験施設の見学は初めてだったので、そのスケールの大きさと最先端の研究に触れるができて非常に興味深かったです。また、このような機会があれば、ぜひ参加したいと思います。

(市東力 東北大学 B4)

自分の研究テーマが地球深部科学ではないため、内容についていけるか多少の不安はありました。しかし、神岡地下実験施設を見学することができると聞いて、とにかく行ってみよう！という気持ちでスクールに参加をしました。そして、結果的にとても有意義な時間を過ごすことができました。スクールに参加をして特に良かった点は、今まであまり触れたことのなかった分野について存分に学ぶことができたことです。主に地球深部に関する様々なテーマについて詳しく学び、新しい興味が湧いてきました。お目当ての神岡地下実験施設では最新の観測設備を見学することができ、この施設から宇宙や地球の謎が明らかになっていくのかと思うととても興奮しました。鉱山という環境にもワクワクしました。また、様々な年代、バックグラウンドの研究者や学生とフランクに交流する機会を得たことで、新しい繋がりを作ることもできました。貴重な機会をいただき、ありがとうございました。

(森井志織 東京大学 M1)

今回の国際スクールでは、飛騨の山々に囲まれたホテルに缶詰めになり四六時中地球科学に浸れる濃厚な時間を過ごせました。講義内容をその場で理解することは難しかったですが、大変有難いことに講義スライドや参考文献を公開して頂けたため、興奮覚めやらぬ間に復習を行い惑星科学を俯瞰して考えるための新たな視点を手に入れることができました。更に、自分の勉強不足な点や今後の研究計画を省みる良いきっかけになりました。また、神岡地下実験施設の見学では、挑戦的な構想を実現するために検出感度の向上やノイズの低減などの限界に立ち向かう姿に触ることができ、自分の実験・分析システムの開発・改良の励みになりました。最後に、5名の先生による高密度な講義に加え、様々なバックグラウンドを持った先生や学生の方々と交流し互いの課題を分かち合い再考する千載一遇の好機を頂いた事に感謝致します。

(萩原雄貴 北海道大学 M2)

私は飛騨での国際スクールを楽しむことができ、期間中に沢山の事を学びました。自分の研究では鉱物の物理的性質の理解を目的にした高圧・高温実験を行い、核-マントル境界の地震波不連続領域、具体的には超低速度層(ULVZ)について、理解を深めようとしています。地球深部の構造を地震波トモグラフィーで明らかにする研究を牽引している Romanowicz 氏の講義を特に心待ちにしていました。講義やポスター発表時に、活躍する地震研究者と話すことで自分自身の研究をより深く理解する機会を得ることができました。地震波研究分野と鉱物物理分野は互いに共同研究を必要としている感じました。

(Liang Yuan 東北大学)



私はこの国際スクールにとても満足しています。素粒子物理学の立場で地球ニュートリノの研究をしており、自分の研究に関連するテーマの地球科学的な面を理解することは重要だと感じました。地球ニュートリノの流量モデルは地球化学や地震学といったたくさんの地球科学分野に関連しています。私は自分の研究のグローバルな価値をより学び、理解できたと思います。分野を融合し、共同研究をすることは科学を向上させるので、この様な学際的

なスクールやワークショップは間違いなく必要です。スクールの参加者との会話や考えを共有することをとても楽しみ、講義も興味深く魅力的でした。今回のスクールで得られた結びつきや経験を継続して活かしていきたいと思います。
 (Ingrida Semenec
 Queen's Univ)



パブリックセッション

国際スクールに先駆けて、地元飛騨の高校生に向けたパブリックセッションが行われました。地元の高校生 19 名に参加していただき、本領域の概要や、地元神岡で行われている世界最先端の素粒子物理実験の紹介、飛騨地域の地質の紹介を行いました。その後グループに分かれ、研究者のみならず大学院生も交えて、高校生のみなさんと進路について、また研究者の生活の実態や研究者になったきっかけなどについてお話しする時間を持ち、あちこちで笑い声が聞こえる楽しい時間となりました。我々研究者にとってもあまりない機会で、高校生がどの様なことを聞きたいのか手探りでしたが、とても有意義な時間になりました。ご参加、ご協力頂きました岐阜県立吉城高等学校・飛騨神岡高校および飛騨市役所の皆様、ありがとうございました。

てよかったです。(高2 女子)

少し難しい話もあったけれど中には自分が知っている話もあって、今までの知識をより深く学ぶことができました。ニュートリノがどのようなものなのかや、どのように役立っているのかなども知ることができました。最後の交流の時間には、大学生活のことについて質問できたり、自分が悩んでいた進路について参考になる話が聞けました。自分は今までこのような会に参加することはなかったけれど、実際に参加してみて知識の部分や進路について多くのことを学ぶことができ、有意義な1日になりました。今後このような会があればまた参加してみたいです。(高2 男子)

先生方のお話を聞いて、神岡の町がすごいことを再確認できたり、今まで知らなかつたことを知ることができました。スーパーカミオカンデやカグラのことは知っていたけど、カムランドは知らないくて、その構造もバルーンが入っているなど興味をもちました。神岡はニュートリノに関して世界で一番進んでいるところなので田舎だけど誇りに思いました。研究者の方との交流では、大学に入学後の生活について多くのことを質問しました。訳あって自分の第一希望は叶わなかったけど、違う道の研究を選択した姿勢に感動しました。研究室の選び方や経済的な面も話を聞くことができたので有意義な時間となりました。進路決定や進学後の参考にしていきたいです。(高2 女子)

<参加者の声>

参加して一番に感じたことは、まだ地元のことで知らないことは多いということです。正直、難しい話なので何を観測してどんなことが行われているのか理解できないけど、カムランドというスーパーカミオカンデに負けない最先端の装置があることに驚きました。ニュートリノは原子を地球のサイズとした場合に米粒のサイズしかないことや、水中を20光年進んで1回しか反応しないことを聞いて想像の範囲を超えており感動しました。神岡町は岩石学から見ても珍しい地質だと知れて面白かったです。学生の方と交流をすると癖の強い人が多いというイメージをもったけど、自分が語れる分野がある人はかっこいいと思いました。少しでも地元の良さをいろんな視点から知れ



イベント

第1回国際ワークショップ「STNPD-2019」

平成 31 年 2 月 28 日（木）～3 月 2 日（土）に、愛媛大学においてナノ多結晶ダイヤモンド（NPD）に関する国際ワークショップ「1st International symposium STNPD-2019 (Science and Technology of Nano-Polycrystalline Diamond 2019)」が、愛媛大学先進超高压科学研究拠点（PRIUS）および本新学術領域技術開発班の共催という形で開催されました。昨年度は国内シンポジウムという形でしたが、今回は NPD 関連研究だけを集めた初の国際的シンポジウムということで LOC（主催者）& 発表者として参加しました。海外からの招待講演者を中心に全体では約 60 名の参加者があり、24 件の口頭発表と 22 件のポスター発表が行われました。その内容は、NPD そのものの合成法や物理的特性評価の話題に加えて、欧州・米国・そして日本の大型放射光施設において NPD を利用して得られた先進的研究成果の紹介や、今後の国際的共同研究の在り方についての活発な議論が行われました。例えば Applications to ultrahigh pressure generation（超高压発生への応用）というセッションでは、我々が推進する NPD を用いた超高压発生の技術開発（2 段式ダイヤモンドアンビルセル）に関するレビュー、フラ

ンスからの招待講演者より近年注目を集めるとロイダル型（ドーナツ状に溝を付けた特殊な形状）DAC の発表がありました。後者については、論文には書いていなかった多くの失敗実験があつた経緯についても触れられ、苦労の様子を実感するとともに、自分も頑張らなければという気持ちを抱きました。発表後も、実験のより細かいことに関して直接お話を伺えたことは大変

有意義でした。

最後に LOC メンバーの一人として、参加してくださった皆様と、運営を助けていただいた事務方や学生さんに、改めてお礼申し上げます。ありがとうございました。なお、今回のシンポジウムで発表のあった研究内容を中心に国際学術誌の特集号が組まれる予定となっています。（境毅）



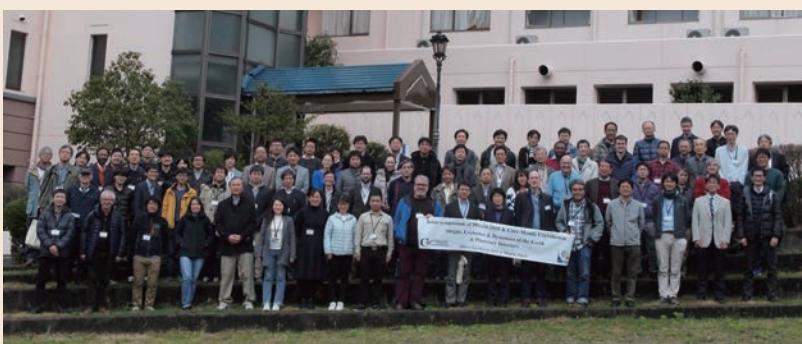
平成30年度国際シンポジウム兼成果発表会

2019 年 3 月 18 日～21 日に地球・惑星内部の起源、進化とダイナミクスをテーマとした国際シンポジウム Misasa 2019 and Core-Mantle Coevolution が鳥取県東伯郡三朝町のブランナール三朝で 4 日間に渡って開催されました。このシンポジウムは本新学術領域と岡山大学惑星物質研究所が共同開催したものです。

このシンポジウムには、招待講演者 8 名を含む国内外の研究者・大学院生等総勢 100 人が参加し、6 つのセッションにおいて、52 件の口頭発表、35 件のポスター発表が行われました。昨年の成果報告会に引き続き英語を発表言語としており、国際化の時流に乗ったシンポジウムとなりました。合同開催で会期が長めであったため、全日程参加

者は限られましたが、2 日目の晩に開催された懇親会にはほぼ全員が参加し、国際色豊かな和やかな雰囲気の中、研究者間の交流を深める機会となりました。鉱物物理学的・地球化学的研究発表が主体となりましたが、ジオニュートリノ、地震学、電磁気学などの研究

発表も多くあり、地球・惑星の内部構造・進化に関する学際的なアプローチによる統合的な理解および将来の研究発展に繋がるネットワークが形成されました。



国際シンポジウム（ジオニュートリノと定量的地球化学モデリング）

5月25日に千葉県のホテル幕張ニューオータニで、国際シンポジウム「Geoneutrinos and Quantitative Geochemical Modeling」（ジオニュートリノと定量的地球化学モデリング）が開催されました。本シンポジウムでは、地球ニュートリノ観測データ・地震波データ・岩石の地球化学的データから地殻-マントルの化学組成を定量的に推定する方法について議論されました。海外から Sramek, Batanova, Sobolev, Roslovec 博士の4名の講演者を招待し、参加者は約20名でした。前半部では4名の招待講演者が約30ずつ発表し、そ

の後1時間ほどそれらの発表に基づいて議論が展開されました。後半部では McDonough 博士による約30分の発表後に、新学術領域メンバー4人（竹内・榎本・上木・飯塚）が約15分ずつ発表し、その後議論の時間が設けられました。前半部・後半部ともに議論が非常に白熱し、その内容は地球の熱・化学進化といった地球科学的内容から

データの統計的取り扱い方法まで多岐にわたるものであり、参加者にとって非常に有用なものとなりました。



日本地球惑星科学連合2019年大会（JpGU2019）

5月26-30日に千葉県の幕張メッセ国際会議場で、JpGU2019が開催されました。本新学術領域の関係者が以下の様に多くのセッションを企画しました。「地球惑星科学における高速過程を捉える」（芳野極）、「核-マントルの相互作用と共進化」（河合研志）、「固体地球化学・惑星化学」（下田玄）、「Volatile Cycles in the Deep Earth - from Subduction Zone to Hot Spot」「地球化学の最前線」（角野浩史）、「地球型惑星内部での液体の特性とその役割」（坂巻竜也）。特に本新学術領域に最も関係が深い「核-マントルの相互作用と共進化」では、海外からの招待講演（口頭発表枠を2つ使って講演時間を長くした）

4件を含む口頭発表を26件およびポスター発表25件を二日間にわたりて行いました。トピックごとにセッションを編成しましたが、出席人数および専門分野が異なる人による質問・意見も多く、本新学術領域による分野融合の手応えを感じました。

今年度の展示ブースは「(地球)の核の気持ちになれる」顔ハメパネルによって老若男女で大盛況でした。また、訪れた小中高生の皆様が、昨年も好評だった「地

球の中身はどうなってるの？」アンケートにご回答くださいり、本新学術領域研究で実際に用いられた岩石サンプルを興味深く観察しているのが印象的でした。



原口悟 東京大学特任研究員

計画研究A03-2 ニュートリノ班

2019年度より、A03-2ニュートリノ班の特任研究員として、本新学術領域に参加することになりました。専門は、火山岩・深成岩岩石学、地球化学で、伊豆・小笠原諸島および関連する地質構造について化学組成から地質構造、マグマダイナミクスの発達の考察を長く手がけてきました。これに加え、近年はこれまでの地球化学分析、データ解析の経験を生かして、「地球化学データベース」を用いた「データ駆動地球科学」を手がけています。地球化学データ

ベースでは「位置情報」に注目しており、「位置情報の地図上からの読み取り」を通じて、データの位置精度を向上し、「地域」レベルでの「データ駆動地球科学」による解析を可能にして、地質ユニットの地球科学的解釈に新たな知見を得ることを目標としています。「地球ニュートリノ観測」の分野でも、地球化学データの位置精度の向上から、日本列島地殻の化学組成分布モデルの精密化、およびニュートリノ観測の精度の向上に貢献していきたいと考えて

います。



Core Mantle coevolution

Award

受賞

地球惑星科学振興西田賞

中川貴司 [香港大学, 元A04-1理論計算班]

平成30年度までA04-1理論計算班の研究分担者であり、現在も本学術領域の推進にご協力いただいている中川貴司准教授（香港大学）が、日本地球惑星科学連合から地球惑星科学振興西田賞を受賞されました。この賞は地球惑星科学の分野において高い評価を受け

ている中堅研究者を表彰するものです。中川さんは、鉱物物理学や地球化学の成果を取り入れた3次元熱・化学マントル対流や地球ダイナモシミュレーションに関する研究を行い、地球深部のダイナミクス・構造・進化の理解に貢献されてきました。



地球環境史学会貢献賞

山本裕二 [高知大学, A03-1地震・電磁気班]

A03-1地震電磁気観測班の研究分担者である山本裕二教授（高知大学）が、地球環境史学会貢献賞を受賞されました。この賞は、地球環境史の解明に対し、顕著な貢献をされた地球環境史学会正

会員に授与される賞です。山本さんは、火山岩と堆積物の両面から過去の地磁気強度の変遷の解明に大きな成果をあげられてきたことを評価されました。

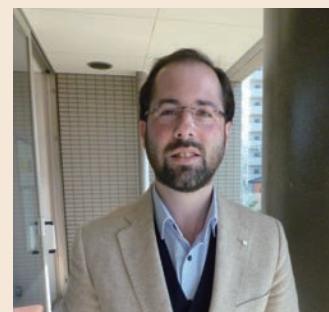


The James Clerk Maxwell Writes Prize

Sebastian Ritterbex [愛媛大学, A04-1理論計算班]

Sebastian Ritterbex 研究員（愛媛大学 地球深部ダイナミクス研究センター）が、Philosophical Magazine に掲載された論文 "On low temperature glide of dissociated <110> dislocations in strontium titanate" で、James Clerk

Maxwell2018 を受賞されました。この賞は、Philosophical Magazine および Philosophical Magazine Letters に掲載された論文のうち、優秀な研究に対して授与されるものです。



PPCF Dendy Europe-Asia Pacific Award

尾崎典雅 [大阪大学, A01公募研究]

公募研究 A01 尾崎典雅准教授（大阪大学）をはじめとする4名が、「PPCF Dendy Europe-Asia Pacific Award」を受賞することが決定しました。

本賞は、英国物理学会出版局 (IOP publishing) より、プラズマ物理学において顕著な貢献を行ったアジア・大洋 - ヨーロッパ地域の共同研究グループに対して授与されるものです。高強度のレーザーを用いた Warm Dense

Matter 物理、超高压物性物理、宇宙プラズマ物理、天体惑星科学に対する先駆的な研究が評価されました。大阪大学とエコールポリテクニークの研究者の間では、およそ15年ほど前から密接な共同研究が続けられており、当該新学術研究の取り組みが含まれています。表彰式は7月にミラノで開催された第46回欧洲物理学会プラズマ物理分科会にて執り行われました。



Core Mantle coevolution

Award

受賞

海洋化学学術賞, 2019 Geochemistry Fellows

佐野有司 [東京大学, A02-1同位体班]

A02-1 佐野有司教授 (東京大学) が、
第 34 回 海 洋 化 学 学 術 賞, 2019
Geochemistry Fellows を受賞しました。

海洋化学学術賞 (石橋賞) は、(財) 海洋化学研究所により、創設者である石橋雅義先生を記念して制定されたもので、海洋化学の分野で顕著な功績のあった者や、海洋化学の進歩に寄与する優れた研究をなし、将来の発展が期待できる者に授与されます。佐野教授の受賞タイトルは「安定同位体を用いた海洋地球化学の研究」で、2019 年 4

月に受賞式が行われました。

佐野教授は、2019 年 8 月にバルセロナでの Goldschmidt 会議において、Geochemistry Fellows も受賞されました。この賞は、Geochemistry Society (地球化学学会) と European Association of Geochemistry (ヨーロッパ地球化学学会) が、この分野において顕著な成果をあげた研究者に贈るもので、佐野教授の大気組成から地球深部炭素循環など幅広い領域での貢献が認められました。



日本地球惑星科学連合2019年大会 学生優秀発表賞

Youyue Zhang さん (岡山大学一貫制博士課程 3 年) "Effect of iron content on thermal conductivity of olivine with implications for cooling history of rocky planets"

長谷川暉さん (東京工業大学博士後期課程 1 年) "Thermal conductivity measurements on iron and MgO periclase at high pressure and high temperature similar to the Earth's mid-lower mantle conditions"

Core Mantle coevolution

International Activities

国際交流

国際セミナー

"The fate of deeply subducted volatiles in Earth's deep mantle"、Michael Walter 所長 (Carnegie Institute of Washington)、3/25、愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター

"Some petrological effects on subduction dynamics"、Craig R. Bina 教授 (Northwestern University)、3/25、愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター

"On the large-scale geochemical anomalies in the deep mantle inferred from the hydrous mantle convection simulations"、中川貴司准教授 (Dept. of Earth Sciences, The University of Hong Kong)、3/27、愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター

"P-V-T equation-of-state of liquid Fe to the TPa regime from ab-initio simulations, and what we learn for super-Earth interiors"、Gerd Steinle-Neumann 主任研究員 (Bayerisches Geoinstitut, University of Bayreuth)、5/24、愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター



国際レクチャー

"Mantle plumes rooted at the core-mantle boundary: evidence from seismic waveform tomography"、Barbara Romanowicz 教授 (UC Berkeley/IPGP/College de France)、3/11、東京大学地震研究所



Core Mantle coevolution

Editor's note

編集後記

発行時期が少し遅くなりましたが、新学術核一マントル共進化ニュースレター No.8 をお届けします。

今回多くの研究トピックをご紹介できて

大変喜ばしく思います。それに多くの記事が以前のニュースレター記事を参照されていることからお分かりいただけるように、新学術内での研究交流もますます盛んになってきています。

今後の展開にご期待ください。

(編集:田中聰、西原遊、舟越賢一、西真之、野村龍一、小木曾哲、渡辺寛子、土屋旬、山田朗)

平成27-31年度 文部科学省 科学研究費助成事業 新学術領域研究 核一マントルの相互作用と共に進化～統合的地球深部科学の創成～

事務局 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター 〒790-8577 愛媛県松山市文京町2-5
Tel: 089-927-8165 E-mail: contact@core-mantle.jp Home Page: <http://core-mantle.jp/>